

TNO-rapport  
FEL-97-A285

## Handleiding PIRATE model, versie Bèta 1.0

TNO Fysisch en Elektronisch  
Laboratorium

Oude Waalsdorperweg 63  
Postbus 96864  
2509 JG 's-Gravenhage

Telefoon 070 374 00 00  
Fax 070 328 09 61

Datum  
januari 1998

Auteur(s)  
Ing. R.B. Boekema

Rubricering  
Vastgesteld door : Ing. B.M. van der Holst  
Vastgesteld d.d. : 6 januari 1998

Titel : Ongerubriceerd  
Managementuittreksel : Ongerubriceerd  
Samenvatting : Ongerubriceerd  
Rapporttekst : Ongerubriceerd

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-  
opdrachten aan TNO, dan wel de  
betreffende terzake tussen partijen  
gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Exemplaar nr. : 32  
Oplage : 43  
Aantal pagina's : 43 (excl. RDP & distributielijst)  
Aantal bijlagen : -

© 1998 TNO

**DTIC QUALITY INSPECTED 1**

**DISTRIBUTION STATEMENT A**

Approved for public release;  
Distribution Unlimited

19980706 104

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium is onderdeel  
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek  
waartoe verder behoren:

TNO Prins Maurits Laboratorium  
TNO Technische Menskunde



Nederlandse Organisatie voor toegepast-  
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

## Managementuittreksel

Titel : Handleiding PIRATE model, versie Bèta 1.0  
Auteur(s) : Ing. R.B. Boekema  
Datum : januari 1998  
Opdrachtnr. : A96KM789  
IWP-nr. : 760.3  
Rapportnr. : FEL-97-A285

Bij maritieme luchtverdedigingsoperaties heeft de luchtverdedigingsofficier (LVO) voor detectie van doelen de keuze uit diverse radars, waarbij voor elk van deze radars diverse instellingen mogelijk zijn. Welke radar en welke instelling van parameters de beste detectieafstand geeft hangt sterk af van het soort doel (vorm, hoogte, snelheid), en van de actuele meteorologische omstandigheden (ductvorming). Voor de LVO is het nuttig om te kunnen beschikken over beslissingsondersteunende software aan boord waarmee de detectiekans voor verschillende instellingen kan worden berekend.

Om aan deze behoefte te voldoen is op het TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium het computerprogramma PIRATE ontwikkeld. De naam van het programma staat voor "Prediction Instrument for RADar detection of Targets in an operational Environment".

De ontwikkeling van dit programma vindt plaats in verschillende fasen. In de eerste fase is een inventarisatie van de wensen voor het programma gemaakt dat is beschreven in het rapport "Decision tool aan boord van KM schepen" [1]. De tweede fase bestond uit het realiseren van een eerste experimentele versie van het programma om daar ervaring mee op te doen. Het resultaat van deze fase is beschreven in het rapport "Radar Decision Tool programmabeschrijving" [2].

In de derde fase is het programma verbeterd, aangepast aan Windows 95 en stabiel gemaakt met als resultaat een Bèta versie welke gedurende een eskaderreis is geëvalueerd. De Evaluaties zijn omgezet in projectvoorstellen voor aanpassingen en uitbreidingen van het programma naar op te leveren operationele versies.

PIRATE is een gebruikersvriendelijke programma met een op Windows 95 gebaseerde gebruikersinterface en werkt op een gangbare personal computer. Alle parameters van de radars op de L, S en M fregatten zijn in PIRATE geïntegreerd. De gebruiker kan van een bepaalde klasse fregat de radar en de instellingen kiezen, een doel specificeren en meteorologische data invoeren. Vervolgens kan de detectiekans worden uitgerekend en worden gepresenteerd in een horizontaal of verticaal coverage diagram of een blinde zone diagram. Er kunnen meerdere van deze figuren tegelijk worden bekeken waardoor een goed vergelijk tussen de predicties mogelijk is.

Dit rapport bevat de gebruikershandleiding behorende bij de Bèta versie van het PIRATE model. Het is een document dat de gebruiker van het programma op weg helpt om alle mogelijkheden van PIRATE op de juiste manier te gebruiken, en daarnaast ook een document waarin de functionaliteit en beperkingen van het programma zijn vastgelegd.

## Samenvatting

Dit rapport bevat de handleiding van de Bèta versie van het PIRATE model. Dit is een op het TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium ontwikkeld computerprogramma waarmee de prestaties van de radars aan boord van de schepen van de Koninklijke Marine onder de gegeven omstandigheden kunnen worden berekend. PIRATE is in de eerste plaats bedoeld als een beslissingondersteunend hulpmiddel voor de luchtverdedigingsofficier (LVO) bij maritieme luchtverdedigingsoperaties. Het programma heeft een gebruikersvriendelijke, op Windows 95 gebaseerde gebruikersinterface en werkt op een gangbare personal computer. De gebruiker kan van een bepaalde klasse fregat de radar en de instellingen kiezen, een doel specificeren en meteorologische data invoeren.

Vervolgens zal de detectiekans worden uitgerekend en worden gepresenteerd in een horizontaal of verticaal coverage diagram of een blinde zone diagram.

Alle mogelijkheden van het PIRATE programma en de manier waarop het bedient moet worden zijn verder in dit document beschreven.

## Inhoud

1.	Inleiding .....	7
1.1	Doel van PIRATE.....	7
1.2	Werking van PIRATE .....	8
1.3	Opbouw van de handleiding .....	8
2.	Bediening van PIRATE .....	9
2.1	Systeemvereisten .....	10
2.2	Installatie .....	10
2.3	Bediening van de gebruikersinterface .....	11
2.4	Gebruiken van de figuren in andere programma's.....	15
3.	<u>Radars</u> , radars in PIRATE .....	16
3.1	<u>Ship</u> , selecteren van een schip.....	16
3.2	<u>Radar</u> , selecteren van een radar.....	17
3.3	<u>Settings</u> , instellingen van de radar.....	18
4.	<u>Environment</u> , invoeren van propagatie en doel parameters.....	22
4.1	<u>Propagation</u> , meteorologische parameters.....	22
4.2	<u>Target</u> , specificaties van het doel .....	26
5.	<u>Plots</u> , het berekenen en weergeven van de resultaten .....	29
5.1	<u>Blind Zone Diagram</u> , weergave van blinde afstanden en snelheden .....	30
5.2	<u>Horizontal Coverage</u> , detectiekans in een hoogte doorsnede.....	31
5.3	<u>Vertical Coverage</u> , detectiekans in een hoogte tegen afstand doorsnede .....	32
5.4	<u>Layout</u> , veranderen van de figuuroopmaak .....	32
6.	<u>Files</u> , opslaan en ophalen van gegevens op disc .....	35
6.1	<u>Save All</u> , bewaren van alle instellingen .....	35
6.2	<u>Load All</u> , laden van alle instellingen.....	36
6.3	<u>Save Target</u> , bewaren van doelgegevens.....	36
6.4	<u>Load Target</u> , laden van doelgegevens .....	36
6.5	<u>Save propagation</u> , bewaren van meteorologische gegevens .....	36
6.6	<u>Load propagation</u> , laden van meteorologische gegevens .....	37
6.7	<u>About PIRATE</u> , geef programma specificatie.....	37
6.8	<u>Exit</u> , beëindig het programma.....	37

7.	Modellen in PIRATE .....	38
7.1	Radar modellering .....	38
7.2	Zeeclutter modellering.....	38
7.3	Propagatie modellering.....	38
8.	Beperkingen van PIRATE .....	40
9.	Conclusies en aanbevelingen .....	41
10.	Referenties .....	42
11.	Ondertekening.....	43

## 1. Inleiding

Bij maritieme luchtverdedigingsoperaties heeft de luchtverdedigingsofficier (LVO) voor detectie van doelen de keuze uit diverse radars, waarbij voor elk van deze radars diverse instellingen mogelijk zijn (zendfrequentie, pulsherhalingsfrequentie, pulslengte en soms polarisatie en verschillende signaalverwerking opties). Voorts maakt elke radar van een andere antenne gebruik. Welke radar en welke instelling van parameters de beste detectieafstand geeft hangt sterk af van het soort doel (vorm, hoogte, snelheid), en van de actuele meteorologische omstandigheden (ductvorming). Voor de LVO is het nuttig om te kunnen beschikken over beslissingsondersteunende software aan boord waarmee de detectiekans voor verschillende instellingen kan worden berekend.

Om aan deze behoefte te voldoen is op het TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium het computerprogramma PIRATE ontwikkeld. De naam van het programma staat voor "Prediction Instrument for RADar detection of Targets in an operational Environment".

De ontwikkeling van dit programma vindt plaats in verschillende fasen. In de eerste fase is een inventarisatie van de wensen voor het programma gemaakt dat is beschreven in het rapport "Decision tool aan boord van KM schepen" [1]. De tweede fase bestond uit het realiseren van een eerste experimentele versie van het programma om daar ervaring mee op te doen. Het resultaat van deze fase is beschreven in het rapport "Radar Decision Tool programmabeschrijving" [2].

In de derde fase is het programma verbeterd, aangepast aan Windows 95 en stabiel gemaakt met als resultaat een Bèta versie welke gedurende een eskaderreis is geëvalueerd. De Evaluaties zijn omgezet in projectvoorstellen voor aanpassingen en uitbreidingen van het programma naar op te leveren operationele versies. In dit rapport wordt de gebruikershandleiding behorende bij de Bèta versie beschreven. Het is daardoor een document dat de gebruiker van het programma op weg helpt om alle mogelijkheden van PIRATE op de juiste manier te gebruiken, maar daarnaast ook een document waarin de functionaliteit en beperkingen van het programma zijn vastgelegd.

### 1.1 Doel van PIRATE

Het doel van PIRATE is snel te kunnen zien wat de invloed van de instellingen van de radars aan boord is op de detectie van luchtdoelen onder de gegeven omgevingsinvloeden. PIRATE is daarom een eenvoudig te bedienen programma waar snel tussen de instelmogelijkheden van de radars kan worden gekozen. Aan de hand van coverage en blind zone diagrammen kan de detectiekans van het gekozen doel bij de opgegeven propagatieparameters worden bepaald. Door de windows opzet van het programma kunnen de resultaatgrafieken eenvoudig met elkaar worden vergeleken en aan de hand daarvan kan de gebruiker de optimale instelling bepalen.

## 1.2 Werking van PIRATE

Het PIRATE programma is gebaseerd op binnen het TNO-FEL ontwikkelde radar-prestatie predictie programma's. Deze zijn bedoeld voor zowel het analyseren van bestaande radars als het ontwerpen van nieuwe radarsystemen.

PIRATE is alleen gericht op het voorspellen van de detectiekans van radars aan boord van een schip aan de hand van meteorologische data en gegevens over het doel. Voor deze toepassing zijn vooral de in- en uitvoermogelijkheden van de bestaande programma's aangepast. Zo zijn alle parameters van de radars op de drie geïmplementeerde klassen fregatten in PIRATE geïntegreerd en kan de gebruiker alleen die parameters veranderen die ook op het schip zijn te bedienen.

Het programma heeft een op Windows 95 gebaseerde gebruikersinterface waarmee de gebruiker de radarinstellingen kiest, een doel specificceert en meteorologische data invoert. Met het kiezen van één van de drie type diagrammen worden de modelberekeningen gestart en zullen de resultaten in het gekozen diagram worden gepresenteerd.

## 1.3 Opbouw van de handleiding

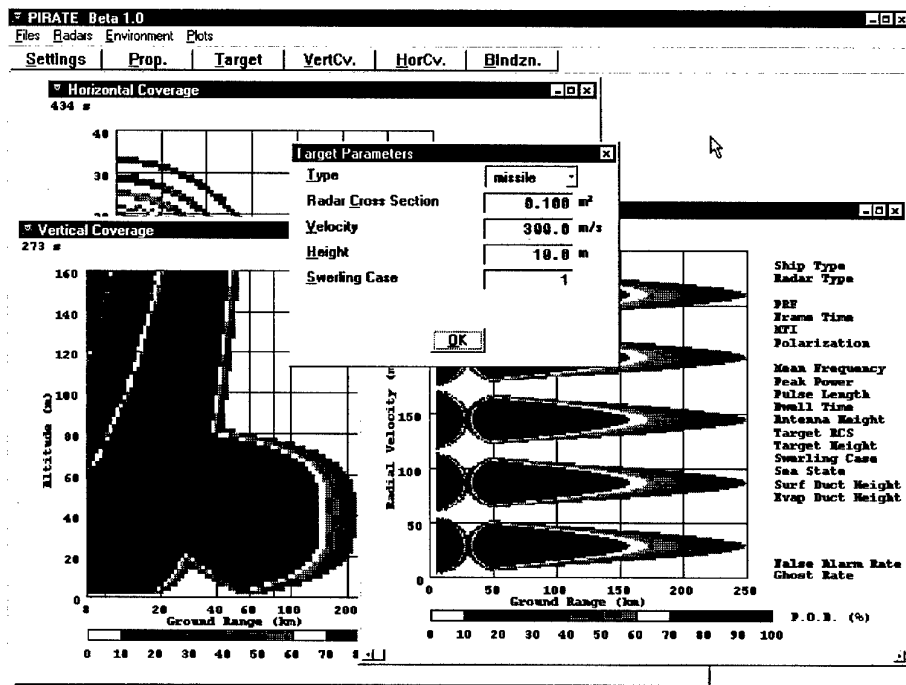
In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe PIRATE moet worden geïnstalleerd, wat daarvoor de minimale computervereisten zijn, en hoe de gebruikersinterface van het programma werkt. De daarop volgende drie hoofdstukken beschrijven hoe de radarinstellingen moeten worden gekozen, hoe een doel moet worden gespecificeerd en op welke manier de meteorologische data moet worden ingevoerd.

Hoofdstuk 6 beschrijft de diagrammen die de detectiekans resultaten weergeven. In het PIRATE programma worden modellen gebruikt om de operationele omstandigheden te benaderen. De modellen die hiervoor verantwoordelijk zijn, worden beschreven in hoofdstuk 7. Zoals op zoveel gebieden kent het modelleren van de werkelijkheid zijn beperkingen, en is voor de juiste interpretatie van de resultaten een gedegen kennis van deze beperkingen onontbeerlijk. Daarom worden in hoofdstuk 8 de beperkingen van de toegepaste modellen beschreven. Dit rapport wordt afgesloten met conclusies en een referentielijst.



## 2. Bediening van PIRATE

PIRATE is een Windows 95 programma. Hierdoor zal de bediening en het aanzicht van het programma over het algemeen identiek zijn aan de meeste Windows 95 programma's. In Figuur 2.1 is een voorbeeld gegeven van een scherm van PIRATE met daarin verschillende windows.



Figuur 2.1: Voorbeeld van een scherm van PIRATE.

Zoals in de figuur te zien is bevat PIRATE een menubalk, een werkbalk en zal het invoeren of veranderen van parameters in dialoogwindows moeten gebeuren. De uitvoer van het programma in de vorm van grafieken worden ook in aparte windows weergegeven. Afhankelijk van de type window hebben ze de standaard eigenschappen. Ze kunnen worden gesloten, van grootte worden veranderd, worden geminimaliseerd, gemaximaliseerd enzovoort. Deze zaken worden in dit document niet beschreven, hiervoor dient een windows handleiding te worden geraadpleegd. Het programma kan maximaal vijf windows met een resultaatgrafiek tonen, als een nieuwe wordt aangemaakt zal de oudste worden gesloten.

Er kan steeds één dialoogwindow voor het invoeren of veranderen van parameters actief zijn. Deze dient te worden gesloten voordat verdere acties kunnen worden uitgevoerd.

Het PIRATE programma is niet multi-tasking, wat wil zeggen dat het niet doorwerkt als een ander programma wordt gestart. Het programma kan wel op de achtergrond blijven wachten terwijl een ander programma actief is.

Het niet multi-tasking aspect heeft als enige consequentie dat bij het overschakelen naar een ander programma tijdens het tekenen van een grafiek, de inhoud van de window van deze grafiek wordt verminkt.

Afwijkend van sommige Windows programma moet in PIRATE het invoeren van een waarde in een editbox worden afgesloten met een return om deze waarde te aanvaarden.

Het tekenen van een grafiek kan enige tijd in beslag nemen. Dit kan worden afgebroken door op de 'escape' toets te drukken.

Zoals bij de meeste Windows programma's kan PIRATE eenvoudig met een muis worden bedient. Omdat het in sommige gevallen niet mogelijk is een muis te gebruiken kan het ook geheel via het toetsenbord worden bedient.

In de volgende paragrafen wordt beschreven wat benodigd is om het PIRATE model op een computer te laten werken, hoe het moet worden geïnstalleerd, en wordt een korte beschrijving van de gebruikersinterface gegeven.

## 2.1 Systeemvereisten

De minimale hardware systeem configuratie om het PIRATE programma goed te laten werken is een 486 DX4 computer met 12 MByte RAM geheugen.

Voor het installeren van het programma is een 3½ inch disc drive en 2 MByte aan vrije geheugenruimte op de harddisc nodig.

Het programma kan alleen onder een volledig geïnstalleerd MS-Windows 95 © operating system werken.

Voor het maken van de predictie grafieken worden, afhankelijk van de radarinstellingen, berekeningen uitgevoerd die veel processortijd kosten. De prestaties van het programma wordt daardoor grotendeels bepaald door het type en de snelheid van de processor.

Voor acceptabele prestaties van het programma dient een PC met een Pentium processor met een kloksnelheid vanaf 133 MHz te worden gebruikt.

## 2.2 Installatie

Het installeren van het PIRATE model moet met de speciale installatie floppydisc gebeuren. Dit gaat volgens de standaard Windows 95 methode, voor het installeren van nieuwe software.

Hiervoor moet vanuit het "Control Panel" ("Configuratiescherm" bij Nederlandstalige Windows) de toepassing "Add/Remove Programs" ("Software") worden aangeroepen. Voor een uitgebreide beschrijving moet in de Windows Help functie naar "installing software" ("installeren, software") worden gezocht.

Het verwijderen van het programma kan ook weer via de zelfde "Add/Remove Programs" ("Software") gebeuren.

## 2.3 Bediening van de gebruikersinterface

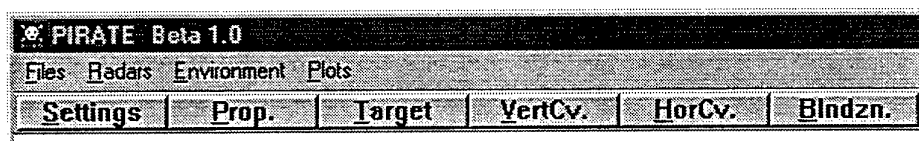
Deze paragraaf geeft een korte beschrijving van de gebruikersinterface, de bedieningsmogelijkheden van het PIRATE programma. Een algemene beschrijving van het bedienen van de windows 95 gebruikersinterface is terug te vinden in een windows handleiding of onder de windows help functies.

Bij het opstarten van het programma wordt de hoofdwindow weergegeven. Deze bevat in de bovenste balk het piratenvlag icoon met daarnaast de titel "PIRATE Beta 1.0". Daar onder bevindt zich de menubalk voor het bedienen van de dropdown menu's. Onder de menubalk bevindt zich de werkbalk waarin voor een snelle bediening een aantal menu-items uit de menubalk zijn opgenomen.

Onder de balken bevindt zich een groot gebied waarin de (sub)windows worden geplaatst. Dit kunnen plotwindows met resultaten zijn, dialoogwindows voor het invoeren of veranderen van parameters, standaard windows voor file activiteiten, waarschuwings of foutmeldingswindows. De bediening van de verschillende onderdelen zullen worden besproken.

### 2.3.1 Bediening van de menu- en werkbalk

Figuur 2.2 geeft een uitsnede van de hoofdwindow met daarin de menu- en werkbalk.



Figuur 2.2: De menu- en werkbalk van PIRATE.

Met de menubalk worden de dropdown menu's geselecteerd.

De menubalk is de regel onder de titelbalk met de vier items: Files, Radars, Environment en Plots. Deze kunnen worden geselecteerd door het aanklikken van het item met de muis of door de onderstreepte letter in te toetsen in een Alt+ combinatie. Na selectie wordt een dropdown menu geactiveerd. Hierin staan onder elkaar menuitems die kunnen worden geselecteerd.

Een item in het dropdown menu kan worden geselecteerd door het menu-item met de muis aan te klikken of door de onderstreepte letter van het menu-item in te toetsen. Het menu en de dropdown menu's kunnen na selectie met een Alt+ combinatie worden doorlopen met de pijltjestoesten.

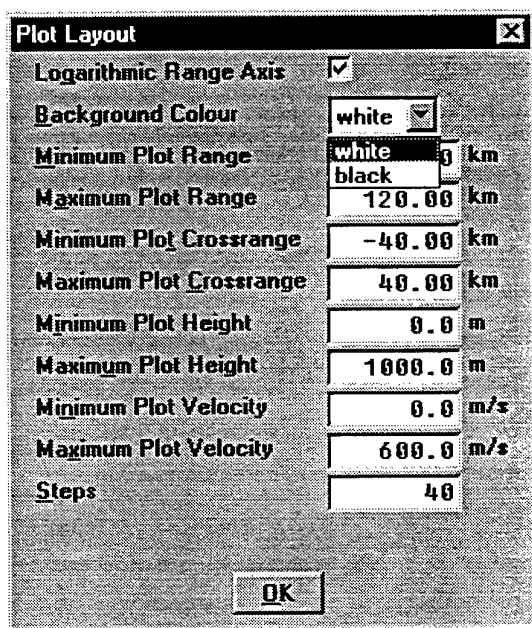
De werkbalk is de balk onder de menubalk met de vijf items: Settings, Prop., Target, VertCv., HorCv. en Blndzn. Dit zijn menu-items uit de dropdown menu's die veel worden gebruikt en via de werkbalk sneller kunnen worden geselecteerd. Deze kunnen eenvoudig worden geselecteerd door het aanklikken van de buttons of door de onderstreepte letter op de button in te toetsen. De vervolgactie bij het

selecteren vanuit de sneltoetsenbalk is het zelfde als wanneer dit vanuit een drop-down menu gebeurt.

### 2.3.2 Dialoogwindows

Een dialoogwindow kan de volgende invoermogelijkheden hebben: een meerkeuzebox, een editbox of een selectiebox.

Figuur 2.3 is een voorbeeld van een dialoogwindow waarin deze invoermogelijkheden voorkomen.



Figuur 2.3: Voorbeeld van een dialoogwindow.

Een dialoogwindow wordt afgesloten met de OK button onderaan de window of de button met het kruisje rechtsbovenin.

#### Bediening van een meerkeuzebox

In Figuur 2.3 is de 'Background Colour' te selecteren met een meerkeuzebox. In de figuur is de lijst uitgerold waardoor de selecties 'white' en 'black' zijn te zien.

Bediening met de muis: Door het aanklikken van het displayvenster of de pijltjes-button er naast wordt in de box een lijst uitgerold. In de uitgerolde lijst kan een item worden geselecteerd door de muiscursor over de lijst te bewegen. Het actieve item verandert dan van kleur. Het actieve item kan worden geselecteerd met een linker muisklik. Als dit gebeurt zal de uitgerolde lijst verdwijnen en het geselecteerde item in het venster verschijnen.

Bediening met het toetsenbord: Door het intoetsen van de onderstreepte letter van de tekst vóór de meerkeuzebox zal deze uitrollen. De ingevoerde waarde mag zowel een kleine als een hoofdletter zijn. Met de pijltjestoetsen  $\uparrow$ ,  $\leftarrow$ ,  $\rightarrow$  en  $\downarrow$  wordt de uitgerolde lijst doorlopen en zullen de items één voor één actief worden.

Door het geven van een return wordt het actieve item geselecteerd, zal de uitgerolde lijst verdwijnen en het geselecteerde item in het venster verschijnen.

Door niet de onderstreepte letter in te toetsen maar alleen de pijltjestoetsen te gebruiken kan de selectie ook plaats vinden. Met de toetsen ↑ en ↓ wordt een meerkeuzebox actief, de inhoud van het venster verandert dan van kleur maar de lijst in de box rolt niet uit. Met de ← en → toetsen worden de verschillende items uit de meerkeuzebox actief en geselecteerd.

### **Bediening van een editbox**

De dialogwindow van Figuur 2.3 heeft negen editboxen. In de onderste editbox kan bijvoorbeeld de waarde van de parameter 'Steps' worden veranderd.

Bediening met de muis: Voor het veranderen van een waarde in een editbox moet de muiscursor in de editbox worden geplaatst en daar met de linkermuisknop worden aangeklikt. Op de aangeklikte plaats wordt een cursor gezet. Met het toetsenbord kunnen daar waarden worden tussengevoegd. Indien met de muis een aantal posities in de editbox zijn geselecteerd (klikken, slepen en loslaten) zal de inhoud van deze posities worden vervangen door wat met het toetsenbord ingevoerd wordt. Met de 'backspace' en 'delete' toetsen kunnen karakters vóór en na de cursor worden weggehaald. Het ingevoerde wordt pas geaccepteerd als een 'return' is gegeven.

In alle gevallen dat geen getal binnen de minimum en maximum range wordt opgegeven zal een foutmeldingswindow verschijnen. Na het sluiten van de foutmeldingswindow zal de voorgaande waarde weer actief zijn en in de editbox worden weergegeven.

Bediening zonder muis: Het programma kan ook helemaal zonder muis worden bediend. De hele inhoud van de editbox wordt geselecteerd door de onderstreepte letter van de text er vóór aan te slaan. Er kan nu een nieuwe waarde wordt opgegeven die met een 'return' wordt geaccepteerd. Na een return zal de focus op de OK button zijn (er komt een gestippeld vakje in de OK button), en met een 'return' wordt de actieve window gesloten.

Ook de pijltjestoetsen kunnen in een menu met editvelden worden gebruikt. Met de ↑ en ↓ toetsen kan een gehele editbox worden geselecteerd. Met de ← en → toetsen kan de positie in de editbox worden veranderd. Door het invoeren en deleten van waarden gevolgd door een 'return' kan dan de inhoud van een editbox worden gewijzigd.

Andere toetsen of toetscombinaties die effect hebben zijn de volgende.

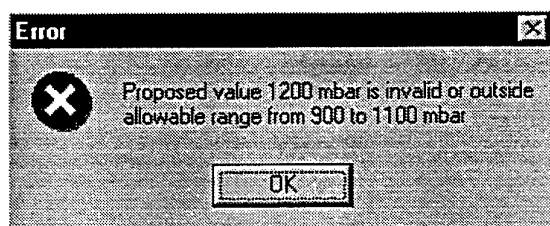
De 'tab' toets doet het zelfde als de ↓ toets. De toetsen 'home' en 'end' verplaatsen de cursor naar respectievelijk het begin en einde van de editbox zonder posities te selecteren. Indien de 'shift' toets in combinatie met andere toetsen zoals 'home', 'end', ← en → wordt gebruikt zullen ook de posities vanaf de dan geldende cursorpositie tot de eindpositie van de cursor worden geselecteerd. Met de toetsencombinaties 'ctrl' ← en 'ctrl' → wordt de cursor verplaatst naar resp. de positie vóór en na de waarde in de editbox.

### Bediening van een selectiebox

In Figuur 2.3 is de 'Logarithmic Range Axis' te selecteren met een selectiebox. Door met de muis op het boxje achter de text te klikken zal er afwisselend wel of geen 'V' in de box verschijnen. Zonder muis gebeurt dit door de 'g' van 'Logarithmic Range Axis' in te toetsen. Indien er een 'V' in de box staat, is het item actief. In het voorbeeld van Figuur 2.3 wordt dan de afstand as logaritmisch weergegeven.

### 2.3.3 De foutmeldingswindow

Figuur 2.4 geeft een foutmeldingswindow die verschijnt als een niet geldige waarde in een editbox wordt ingevoerd.



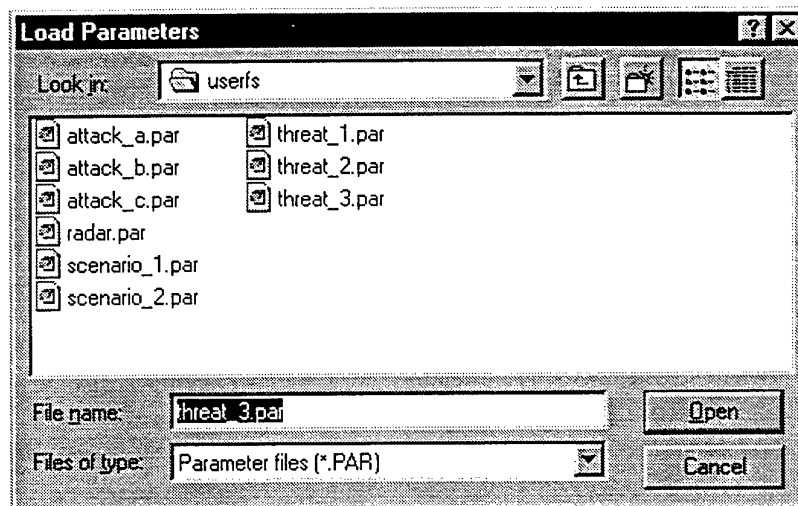
Figuur 2.4: Voorbeeld van een foutmeldingswindow.

De window moet eerst worden weggehaald door de OK-button aan te klikken of een return in te toetsen voordat verder kan worden gegaan.

### 2.3.4 De standaard filewindow

PIRATE biedt de mogelijkheid waarden in files op te slaan en weer vanuit files te lezen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de standaard Windows 95 file windows. Figuur 2.5 geeft een voorbeeld van een filewindow voor het lezen van parameterfiles.

De ervaren windows gebruiker zal bekend zijn met de mogelijkheden van de filewindows. Als dit niet het geval is kan de '?' button rechts bovenin de window of een gebruiksaanwijzing worden gebruikt. Bij het gebruik van een Nederlandse Windows versie zullen de teksten in de filewindow iets anders zijn.



*Figuur 2.5: Voorbeeld van een standaard filewindow.*

De extentie van de file, in het voorbeeld .PAR, wordt in de filewindow voorgescreven.

De filewindows voor het lezen en schrijven van andere typen files werken volgens het zelfde principe.

## 2.4 Gebruiken van de figuren in andere programma's

De door het PIRATE model gemaakte figuren kunnen naar een ander toepassingsprogramma worden gekopieerd. Hiervoor dient gebruik te worden gemaakt van het clipboard. Dit gaat als volgt:

Selecteer met de muis het gebied binnen de figuurwindow die moet worden gekopieerd: Verplaats de pijltje cursor met de muis naar een positie links boven in de figuurwindow. Druk de linker muistoets in. Sleep de cursor (met ingedrukte muistoets) naar een positie rechts onder in de figuurwindow. Laat de muistoets los.

De afbeelding van de figuur staat nu in het clipboard. Verlaat nu PIRATE en activeer het programma waar de figuur in moet worden gekopieerd, bijvoorbeeld een textverwerker. Gebruik de mogelijkheid van het toepassingsprogramma om de afbeelding van de figuur vanuit het clipboard te importeren, bijvoorbeeld Edit / Paste. De figuur is nu gekopieerd. Vervolgens kan weer terug naar PIRATE worden gegaan om de volgende figuur te maken.

### 3. Radars, radars in PIRATE

PIRATE is bedoeld voor het berekenen van detectiekansen van luchtdoelen voor de verschillende radars die worden ingezet. In deze versie zijn alleen de radars van de M, S en L fregatten opgenomen die daar mogelijkwijs voor kunnen worden gebruikt. Dit zijn de langeafstand luchtwaarschuwingradars, de doelsacquisitieradars, en de vuurleidingsradars. Navigatieradars en belichters worden buiten beschouwing gelaten.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de radars die in PIRATE zijn geïmplementeerd. Bij de LW08 radars is het air channel gemodelleerd. Bij de te selecteren WM-25 en Goalkeeper radars betreft het de search radars.

Tabel 3.1: De in PIRATE geïmplementeerde radars.

M-fregat	L-fregat	S-fregat
LW08	LW08	LW08
SMART	SMART	WM25
STIR	STIR I	STIR
Goalkeeper	STIR II	Goalkeeper
	STIR III	
	Goalkeeper	

Slechts een aantal van de in Tabel 3.1 vermelde radars hebben parameters die door de operator kunnen worden veranderd. Dit geldt voor de LW08, de SMART en de WM25 radars.

Voor het selecteren van een radar van een bepaalde klasse fregat en het veranderen van radarparameters gebeurt via het 'Radars' dropdown menu zoals weergegeven in Figuur 3.1. In dit menu kan uit drie dialogwindows worden gekozen namelijk 'Ship', 'Radar' en 'Settings'.

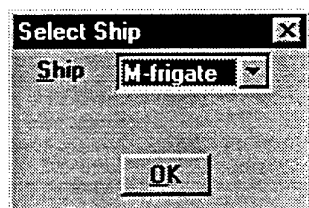


Figuur 3.1: Keuzes in het Radars dropdown menu.

#### 3.1 Ship, selecteren van een schip

De selectie van een schip vindt plaats via de Ship dialogwindow zoals in Figuur 3.2 is weergegeven. Door middel van een meerkeuzebox kan worden gekozen uit de drie klassen fregatten, het M-fregat, het L-fregat of het S-fregat.

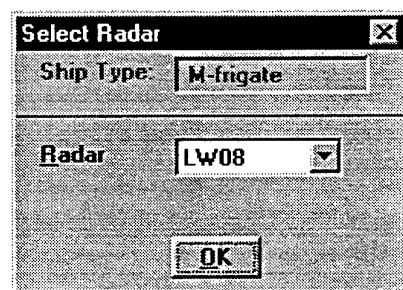




Figuur 3.2: Dialoogwindow voor het selecteren van een schip.

### 3.2 Radar, selecteren van een radar

Bij het opstarten van PIRATE is het geselecteerde radartype afhankelijk van de file met default instellingen. Na het kiezen van een schip zal altijd de LW08 radar van dat klasse schip zijn geselecteerd. Een andere radar kan worden gekozen met de meerkeuzebox in de Radar dialoogwindow zoals die van het M-fregat, weergegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3: Dialoogwindow voor het selecteren van een radar.

Zoals aangegeven in Tabel 3.1 zijn de radarkeuzes per schip verschillend. Deze tabel verdient nog wel een toelichting.

In de kolom van het M-fregat staan vier radars vermeld, de LW08 en SMART zoekradars, een STIR radar en de X-band zoekradar van het Goalkeeper system. In feite staan er twee STIR radars op het M-fregat, namelijk één voor en één achter de mast. Omdat beide radars het zelfde zijn en ook op de zelfde hoogte staan, is de STIR radar maar één keer in de lijst opgenomen.

In de kolom van het L-fregat staan drie STIR radars genummerd met romeinse cijfers. Hierbij is nummer I de voorste radar boven de brug, II de middelste die vlak voor de mast is gesitueerd en III de achterste STIR radar op het helikopter hangaar. De STIR I en STIR III radars zijn technisch het zelfde maar staan op verschillende hoogten, wat invloed op de detectiekansen heeft. De STIR II radar heeft een andere antenne als de andere twee radars en staat hoger op het schip.

Het S-fregat heeft maar één STIR radar die technisch erg veel verschilt met de STIR radars op de andere fregatten. Deze STIR radar op het S-fregat wordt ook wel de VM25 genoemd.

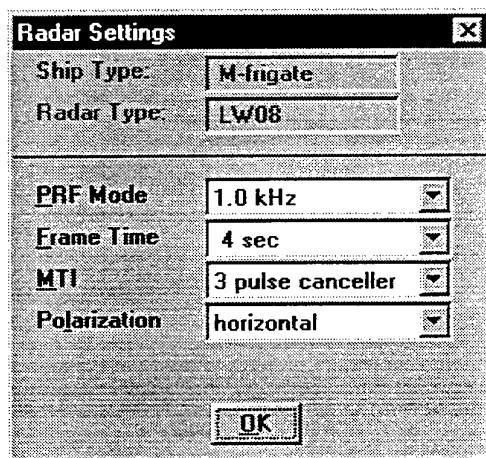
De LW08 radars van de drie klassen fregatten zijn allemaal anders, met grote verschillen in zendvermogens en kleine verschillen in antennehoogte en gain. De SMART radars op de M en L fregatten verschillen alleen in antennehoogte. De Goalkeeper radars op alle fregatten zijn identiek maar verschillen in hoogte.

### 3.3 Settings, instellingen van de radar

De instelmogelijkheden van radars die door de radaroperators aan boord kunnen worden gebruikt zijn ook in het model opgenomen. Omdat deze per radartype verschillend zijn wordt dit in de volgende paragrafen per radartype beschreven.

#### 3.3.1 Settings van de LW08 radar

De LW08 radars (air channel) van de drie fregatten geven de gebruiker vier instelmogelijkheden. Figuur 3.4 geeft de dialoogwindow voor de settings van een LW08 radar weer. De eerste twee regels boven de streep geven aan welke radar is geselecteerd. Daaronder kunnen door middel van vier meerkeuzeboxen de settings van de radar worden veranderd.



Figuur 3.4: Instelmogelijkheden van een LW08 radar.

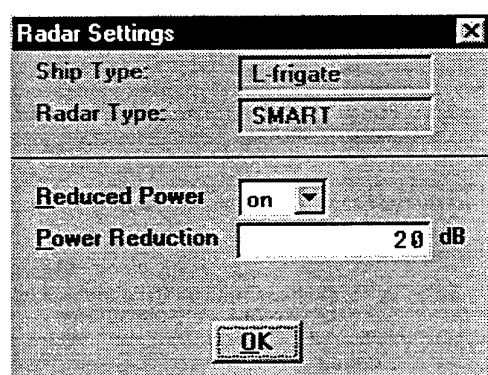
Voor de pulsherhalingsfrequentie (PRF) kan worden gekozen uit 0,5 en 1 kHz. De omwentelings snelheid van de radar (Frame Time) kan worden ingesteld op 4 of 8 seconden. Dit komt overeen met respectievelijk 15 en 7,5 omwentelingen per minuut. De MTI processing kan worden geactiveerd (3 pulse canceller) of worden uitgezet (none). Voor de polarisatie kan worden gekozen tussen horizontale en circulaire polarisatie.

### 3.3.2 Settings van de SMART radar

De SMART radars van de M- en L-fregatten geven de gebruiker alleen de mogelijkheid een verzwakker in te stellen. Figuur 3.5 geeft de dialoogwindow voor de settings van een SMART radar weer. De eerste twee regels boven de streep geven aan welke radar is geselecteerd.

Met de meerkeuzebox kan de verzwakking (Reduced Power) worden in of uit geschakeld (on/off). Dit kan aan boord van het schip door de radaroperator worden bedient.

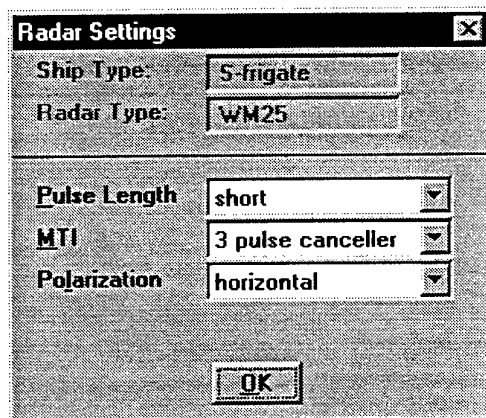
De grootte van de verzwakking (Power Reduction) is aan boord door een monteur in te stellen tot maximaal 20 dB. In de dialoogwindow kan de verzwakking worden ingesteld indien bij de Reduced Power box "on" is geselecteerd. De waarde kan in stappen van 1 dB worden ingesteld van 1 tot en met 20 dB.



Figuur 3.5: Instelmogelijkheden van een SMART radar.

### 3.3.3 Settings van de WM25 radar

De WM25 zoekradar van het S-fregat geeft de gebruiker drie instelmogelijkheden. Figuur 3.6 geeft de dialoogwindow voor de settings van de WM25 radar weer. De eerste twee regels boven de streep geven aan dat de WM25 radar van het S-fregat is geselecteerd. Daaronder kunnen door middel van drie meerkeuzeboxen de settings van de radar worden veranderd.



Figuur 3.6: Instelmogelijkheden van een WM25 radar.

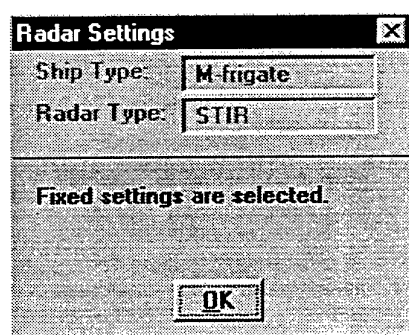
Voor de pulslengte (Pulse Length) kan worden gekozen uit een korte (short = 0.29  $\mu$ sec) of lange (long = 0.58  $\mu$ sec) puls.

De MTI processing kan worden geactiveerd (3 pulse canceller) of worden uitgezet (none).

Voor de polarisatie kan worden gekozen tussen horizontale en circulaire polarisatie.

#### 3.3.4 Settings van de STIR radar

De STIR zoekradar biedt de gebruiker geen instelmogelijkheden. Het selecteren van Settings uit het Radars menu of de Settings sneltoets geeft de dialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 3.7. Deze geeft in de eerste twee regels boven de streep weer welke radar is geselecteerd, en daar onder de mededeling dat de vaste instellingen zijn geselecteerd.

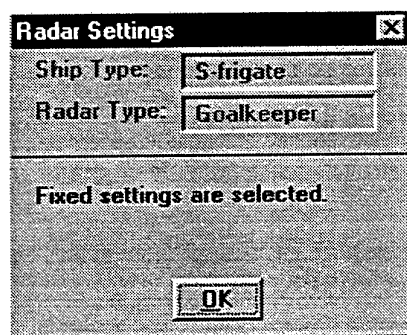


Figuur 3.7: Settings dialoogwindow van een STIR radar.

#### 3.3.5 Settings van de Goalkeeper

De Goalkeeper zoekradar biedt de gebruiker geen instelmogelijkheden. Het selecteren van Settings uit het Radars menu of de Settings sneltoets geeft de dialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 3.8. Deze geeft in de eerste twee regels

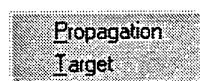
boven de streep weer welke radar is geselecteerd, en daar onder de mededeling dat de vaste instellingen zijn geselecteerd.



*Figuur 3.8: Settings dialoogwindow van een Goalkeeper radar.*

#### 4. Environment, invoeren van propagatie en doel parameters

Voor de berekening van de detectiekansen met een bepaalde radar is de omgeving waarin deze opereert van belang. Onder deze noemer kunnen de propagatie en doel eigenschappen worden ingevoerd via het 'Environment' dropdown menu. In dit menu kan uit twee dialoogwindows worden gekozen namelijk 'Propagation' en 'Target' zoals Figuur 4.1 laat zien.



Figuur 4.1: Keuzes in het Environment dropdown menu.

##### 4.1 Propagation, meteorologische parameters

De dialoogwindow 'Propagation' dient voor het wijzigen van de atmosfergegevens. Deze zijn belangrijk als invoerdata voor het evaporation duct model, het zeeclutter model en het regencluttermodel, waarvan de resultaten weer in het propagatiemodel worden gebruikt. De dialoogwindow is weergegeven in Figuur 4.2.

Propagation Parameters		
Atmospheric Pressure	1013	mbar
Relative Humidity	80	%
Air Temperature	19.0	°C
Water Temperature	20.0	°C
Wind Force	4	Beaufort
Wind Velocity	7.0	m/s
Wind Direction	120	°
K-Factor	1.33	
Surface Refractivity	346	N units
Sea State	3	
Sea Salinity	35	prom
Evaporation Duct Height	12.4	m
Surface Based Duct Height	0.0	m
Rainfall Rate	0	mm/hr
Minimum Clutter Range	5.0	km
Maximum Clutter Range	15.0	km
Clutter Ceiling	3.0	km

OK

Figuur 4.2: De propagatie dialoogwindow.

De dialoogwindow biedt verschillende invoermogelijkheden voor de modellen. Zo kan de surface refractivity als N-units waarde worden ingevoerd, maar ook worden berekend uit de ingevoerde waarde van luchtdruk, relatieve vochtigheid en luchttemperatuur door één van deze waarden te veranderen. De ducthoogte wordt met de Paulus formule [3] berekend uit de lucht- en zeetemperatuur, relatieve vochtigheid en windsnelheid als één van deze waarden wordt veranderd, of kan meteen als hoogtewaarde worden ingevoerd als deze op een andere manier is gemeten. De windsnelheid, die van belang is voor de ductberekening en het cluttermodel kan op verschillende manieren worden gespecificeerd: Als gemeten waarde in meters per seconde, als windkracht in de vorm van een waarde op de Beaufort schaal, of worden berekend uit de zeetoestand. Voor de regenclutterberekening moet eerst een hoeveelheid neerslag groter dan 0 mm/hr worden opgegeven voordat de afmetingen van het regengebied kunnen worden gespecificeerd. Vanwege deze afhankelijkheden is het een goede regel om de parameters van boven naar beneden in de box in te voeren. Na het invoeren van ieder getal moet er een 'enter' worden gegeven. Bij het op de juiste plaats zetten van een getal gevolgd door een cursorbeweging (met muis of pijltjes toets) wordt het getal namelijk niet geaccepteerd. De in te voeren parameters zijn:

#### 4.1.1 Atmospheric Pressure, luchtdruk

De luchtdruk beïnvloed de propagatie in het diffractie gebied, de afstand tot de radarhorizon. Door een verandering in de luchtdruk wordt de waarde van de refractivity aan het zeeoppervlak aangepast.

Default waarde: 1013 mbar, minimum waarde: 900 mbar, maximum waarde: 1100 mbar.

#### 4.1.2 Relative Humidity, relatieve vochtigheid

De relatieve vochtigheid is bepalend voor de refractivity aan het zeeoppervlak en de hoogte van de evaporation duct. Boven zee varieert de relatieve vochtigheid sterk met de hoogte waarop het gemeten wordt. De modellen in PIRATE zijn gebaseerd op een meethoogte van rond de zes meter boven zeenivo, een variatie van één meter is nog acceptabel.

Default waarde: 80%, minimum waarde: 0%, maximum waarde: 100%.

#### 4.1.3 Air Temperature, luchttemperatuur

De luchttemperatuur wordt gebruikt voor het berekenen van de refractivity aan het zeeoppervlak en voor het model dat de evaporation ducthoogte bepaalt. Boven zee varieert de luchttemperatuur met de hoogte waarop deze gemeten wordt. De modellen in PIRATE zijn gebaseerd op een meethoogte van rond de zes meter boven zeenivo, een variatie van één meter is nog acceptabel.

Default waarde: 19 °C, minimum waarde: -30 °C, maximum waarde: 70 °C.

#### 4.1.4 Water Temperature, watertemperatuur

De watertemperatuur beïnvloed de diëlectrische constante van het water die de reflectie aan het zeeoppervlak bepaalt. De temperatuur van het zeeoppervlak bepaalt verder de hoogte van de evaporation duct. Voor de beste modelresultaten moet de temperatuur aan het oppervlak van de zee worden gebruikt.

Default waarde: 20 °C, minimum waarde: -10 °C, maximum waarde: 30 °C.

#### 4.1.5 Wind Force, windkracht

De windsnelheid kan hier worden opgegeven met een Beaufort windkracht waarde. Het doel van deze invoermogelijkheid is dat gebruik wordt gemaakt van de interne omrekening naar windsnelheid als alleen de windkracht bekend is.

Default waarde: 4 Beaufort, minimum waarde: 0 Beaufort, maximum waarde: 12 Beaufort.

#### 4.1.6 Wind Velocity, windsnelheid

De windsnelheid wordt gebruikt voor het berekenen van de evaporation ducthoogte. De windsnelheid moet bij voorkeur op zes meter boven het zeeoppervlak worden gemeten, maar dit is niet zo kritisch. Het is belangrijker dat het de vrije wind boven zee is, en niet is beïnvloed door het schip.

De windsnelheid wordt ook bepaald uit de ingevoerde waarden van de windkracht en de zeeruwheid. Hiermee dient rekening te worden gehouden bij het invoeren van de waarden.



Default waarde: 7 m/s, minimum waarde: 0 m/s, maximum waarde: 100 m/s.

#### **4.1.7 Wind Direction, windrichting**

De windrichting ten opzichte van de kijkrichting van de radarantenne wordt gebruikt voor het berekenen van de zeeclutter en het dopplerspectrum van het zeeoppervlak.

Default waarde: 120°, minimum waarde: -360°, maximum waarde: 360°.

#### **4.1.8 K-factor, afbuigingsfaktor**

De afbuigingsfaktor of effectieve aardstraalfactor is gedefinieerd als de verhouding tussen de effectieve aardstraal voor radar en de werkelijke straal van de aarde. De afbuigingsfaktor heeft invloed op de oppervlakteclutter en de propagatie in het diffractie gebied, de afstand tot de radarhorizon.

Default waarde: 1.33, minimum waarde: 1, maximum waarde: 10.

#### **4.1.9 Surface Refractivity, refractivity aan het zeeoppervlak**

De refractivity aan het zeeoppervlak is bepalend voor de propagatie in het diffractie gebied, de afstand tot de radarhorizon. De refractivity wordt berekend uit de ingevoerde waarden van luchtdruk, relatieve vochtigheid, en luchttemperatuur door de waarde van deze parameters te veranderen. Deze berekende waarde kan worden genegeerd door direct een waarde in te voeren.

Default waarde: 346 N units, minimum waarde: 200 N units, maximum waarde: 500 N units.

#### **4.1.10 Sea State, zeeruwheid**

De zeeruwheid is een maat voor de hoogte van de golven volgens een hydrografische schaal standaard. De zeeruwheid is bepalend voor de zeeclutter en de reflectie van het zeeoppervlak.

Default waarde: 3, minimum waarde: 0, maximum waarde: 8.

#### **4.1.11 Sea Salinity, zoutgehalte**

Het zoutgehalte van het water bepaalt de diëlectrische constante van het water en daarmee de reflectie van het zeeoppervlak.

Default waarde: 35 promille, minimum waarde: 0 promille, maximum waarde: 100 promille.

#### **4.1.12 Evaporatin Duct Height, hoogte van de evaporation duct**

De evaporation ducthoogte wordt in het propagatie model gebruikt en bepaalt in sterke mate de detectiekans van doelen die zich laag boven het zeeoppervlak bevinden.

De evaporation ducthoogte wordt berekend uit de relatieve vochtigheid en temperatuur van de lucht, de windsnelheid en de zeetemperatuur. Deze berekende waarde kan worden genegeerd door direct een waarde in te voeren..

Default waarde: 12.4 meter, minimum waarde: 0 meter, maximum waarde: 40 meter.

#### **4.1.13 Surface-Based Duct Height, hoogte van de surface-based duct**

Als er een surface-based ductlaag aanwezig is, bepaalt deze in grote mate de propagatie vanaf een bepaalde afstand van de radar. De hoogte van de surface-based duct is alleen te bepalen door het meten van een verticaal profiel van de atmosfeer. Bij afwezigheid van een surface-based duct, dient de waarde 0 te worden ingevuld.

Default waarde: 0 meter, minimum waarde: 0 meter, maximum waarde: 1000 meter.

#### **4.1.14 Rainfall Rate, regenval**

Regenval zorgt voor een toename van de atmosferische demping van de radiogolven en beperkt de detectiekans van doelen door de clutter die door de regen wordt veroorzaakt.

Default waarde: 0 mm/hr, minimum waarde: 0 mm/hr, maximum waarde: 100 mm/hr.

#### **4.1.15 Minimum Clutter Range, minimum afstand regengebied**

De positie van het regengebied ten opzichte van de radar is van belang voor de detectiekansberekening van doelen over een afstandstraject.

De afstand van de radar tot het begin van het regengebied kan alleen ingevoerd worden indien bij regenval een waarde groter dan 0 mm/hr is ingevoerd.

Default waarde: 5 km, minimum waarde: -1000 km, maximum waarde: 1000 km.

#### **4.1.16 Maximum Clutter Range, maximum afstand regengebied**

De positie van het regengebied ten opzichte van de radar is van belang voor de detectiekansberekening van doelen over een afstandstraject.

De afstand van de radar tot het eind van het regengebied kan alleen ingevoerd worden indien als regenval een waarde groter dan 0 mm/hr is ingevoerd.

Default waarde: 15 km, minimum waarde: -1000 km, maximum waarde: 1000 km.

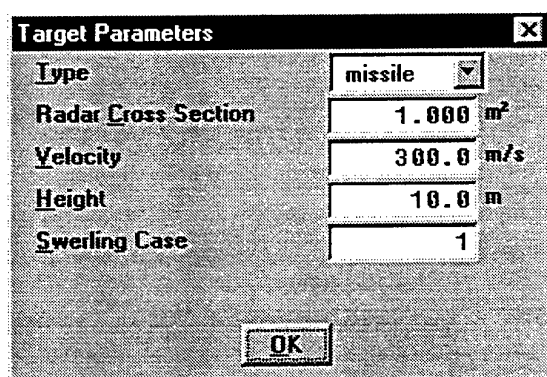
#### **4.1.17 Clutter Ceiling, hoogte regengebied**

De hoogte van het regengebied is samen met de bundelbreedte bepalend voor de te ontvangen regenclutter. De hoogte van het regengebied kan alleen ingevoerd worden indien als regenval een waarde groter dan 0 mm/hr is ingevoerd.

Default waarde: 3 km, minimum waarde: 0.1 km, maximum waarde: 30 km.

### **4.2 Target, specificaties van het doel**

Voor de berekening van de detectiekansen zijn gegevens van het doel noodzakelijk. In de dialoogwindow van TARGET kan uit een aantal doelen worden gekozen zoals een straaljager, bommenwerper of raket. Er zullen dan voorgekozen waarden worden gegeven van RCS, snelheid, hoogte en swerling case. Dit zijn karakteristieke waarden voor dat type object en kunnen voor de berekeningen worden veranderd. Figuur 4.3 geeft de targets dialoogwindow met de instellingen voor een raket.



Figuur 4.3: De targets dialogwindow.

#### 4.2.1 Type, selecteren van een doel

Het type doel kan in het Target menu vanuit de target meerkeuzebox worden gekozen. Dit heeft dan tot gevolg dat de radardoorsnede, snelheid, hoogte en doelgedrag een vooringestelde waarde krijgen. Deze waarden behorende bij de target type keuzes staan in onderstaande tabel.

Tabel 4.1: Vooringestelde doelspecificaties.

Target Type		file	fighter	bomber	missile
Radar Cross Section	(m <sup>2</sup> )	3	2	40	1
Velocity	(m/s)	430	300	80	300
Height	(m)	850	200	500	10
Swerling Case		1	1	1	1

De waarden van de verschillende doelen zoals ze in de tabel staan kunnen worden veranderd. Alleen bij het opstarten van het programma worden de vooringestelde waarden uit de tabel weer toegekend. Het target type "file" is echter bijzonder. De waarden van dit type doel kunnen via het file menu ook van een file worden gelezen of naar een file worden geschreven. De waarden in de tabel voor dit doel zijn daardoor ook afhankelijk van de files die zijn gelezen (zie hoofdstuk 6).

#### 4.2.2 Radar Cross section, radardoorsnede

Het ontvangen vermogen van het doel is proportioneel met de radardoorsnede van het doel.

Minimum waarde: 0.001 m<sup>2</sup>, maximum waarde: 20000 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.3 Velocity, snelheid

Indien dopplerprocessing wordt toegepast is de snelheid van het doel bepalend voor de detectiekanst in verband met de blinde snelheden die hierdoor ontstaan.

Minimum waarde: 0 m/s, maximum waarde: 4000 m/s.

#### 4.2.4 Height, hoogte

De hoogte van het doel wordt gebruikt in berekeningen van de detectiekans waarin de snelheid of afstand van het doel varieert.

Minimum waarde: 1 m, maximum waarde: 40000 m.

#### 4.2.5 Swerling Case, doelgedrag

De Swerling Case geeft door middel van een getal een beschrijving van het fluctuatiedrag van een doel. In onderstaande Tabel 4.2 is de betekenis van de swerling cases 1 tot en met 4 weergegeven.

Tabel 4.2: *Betekenis van de vier Swerling cases.*

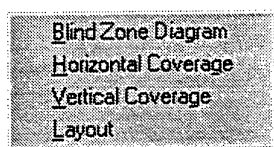
	Geen dominante scatterer	Eén dominante scatterer
scan-to-scan fluctuatie	1	3
puls-to-puls fluctuatie	2	4

De Swerling cases 1 en 2 zijn vooral toepasbaar op complexe doelen zoals vliegtuigen. De fluctuaties van kleine raketdoelen kunnen door de swerling case 3 en 4 worden beschreven. Sweling case 0 is toe te passen voor een totaal niet fluctuerende situatie zoals bij een bol als doel.

Minimum waarde: 0, maximum waarde: 4.

## 5. Plots, het berekenen en weergeven van de resultaten

De resultaten van de modellen kunnen in de vorm van drie typen figuren worden weergegeven. Met het menu-item 'Plots' wordt het dropdown menu zoals weergegeven in Figuur 5.1 geactiveerd. Door het aanklikken van de bovenste drie keuzes zal direct worden begonnen met het tekenen van de gekozen figuur.



*Figuur 5.1: Het plots dropdown menu.*

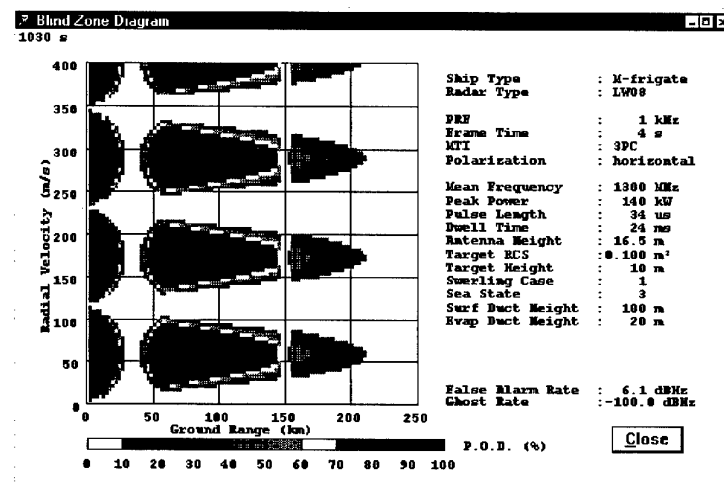
Het invullen van het diagram in de figuur kan langzaam gaan omdat de punten op dat moment uitgerekend worden. De laatste keuze in het plots dropdown menu geeft de 'Layout' dialoogwindow waarmee de opmaak van de figuren kan worden veranderd.

Het maken van de drie typen figuren kan ook worden gestart met de sneltoetsen 'Blndzn.', 'HorCv.' en 'VertCv.' in de werkbalk van de hoofdwindow zoals weergegeven in Figuur 2.2.

### 5.1 Blind Zone Diagram, weergave van blinde afstanden en snelheden

De keuze 'Blind Zone Diagram' geeft in een figuur de detectiekans van een doel weer als functie van de afstand van het doel tot de radar en de snelheid van het doel. Op de horizontale as is de afstand van het doel tot de radar weergegeven waarop de ondubbelzinnige en de blinde afstanden af te lezen zijn. De blinde snelheden bij doppler processing zijn op de verticale as af te lezen.

Figuur 5.2 geeft het voorbeeld van een blind zone diagram, berekend voor de detectie van een doel met een LW08 radar. De radarinstellingen en overige relevante instellingen staan rechts naast het diagram.



Figuur 5.2: Voorbeeld van een blind zone diagram.

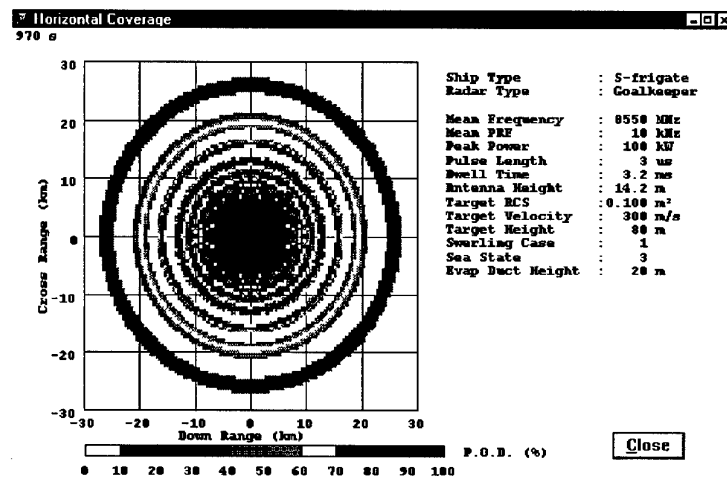
Zo is te zien dat er in de atmosfeer een surface-based en een evaporation ductlaag aanwezig zijn, en dat het doel met een RCS van  $0.1 \text{ m}^2$  op een hoogte van 10 meter boven het zeeoppervlak vliegt.

In het diagram wordt de detectiekans (P.O.D. = probability of detection) aangegeven met de kleuren zoals weergegeven in de kleurenschaal onder het diagram.

Uit het diagram is af te lezen dat de radar een blinde afstand heeft op een afstand van 150 kilometer. Verder zien we dat de detectiekans afneemt als de radiale snelheid van het doel bij de blinde snelheden komt, die rond 120, 235 en 350 m/s zijn af te lezen.

## 5.2 Horizontal Coverage, detectiekans in een hoogte doorsnede

Het 'Horizontal Coverage' diagram zoals weergegeven in Figuur 5.3 geeft voor de opgegeven doelhoogte een doorsnijing van de vertical coverage. De detectiekansen kunnen in de verschillende richtingen afwijken doordat de zeeclutter afhankelijk van de windrichting is.



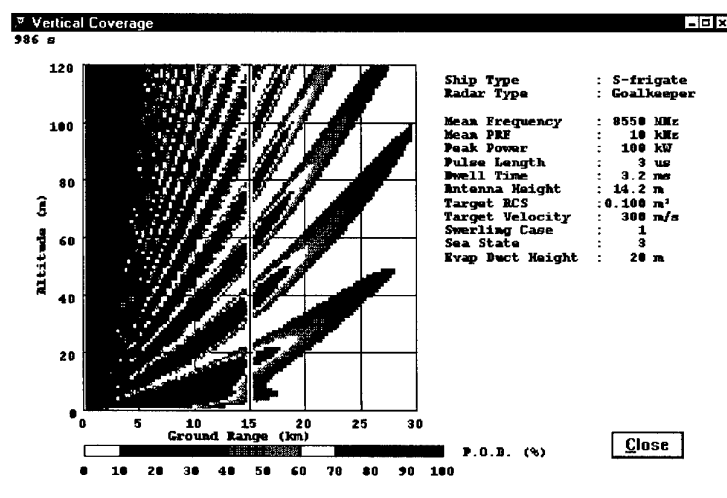
Figuur 5.3: Voorbeeld van een horizontal coverage diagram.

De horizontale as geeft de down range weer en de verticale as de crossrange die daar loodrecht op staat. De radar bevindt zich altijd in het nulpunt van de down range en cross range. In het diagram wordt de detectiekans (P.O.D. = probability of detection) aangegeven met de kleuren zoals weergegeven in de kleurenschaal onder het diagram. De radarinstellingen en overige relevante instellingen staan rechts naast het diagram.

### 5.3 Vertical Coverage, detectiekans in een hoogte tegen afstand doorsnede

Het 'Vertical Coverage' diagram geeft in een figuur de detectiekans van een doel weer als functie van de afstand en hoogte. De horizontale as geeft de afstand tussen de radar en het doel over de grond weer. De hoogte van het doel ten opzichte van het zeeoppervlak is op de verticale as af te lezen.

Figuur 5.4 geeft een voorbeeld van een vertical coverage diagram, berekend voor de detectie van een doel met een goalkeeper radar. De radarinstellingen, gegevens van het doel en relevante meteorologische parameters staan rechts naast het diagram.



Figuur 5.4: Voorbeeld van een vertical coverage diagram.

De detectiekans (P.O.D. = probability of detection) in het diagram wordt aangegeven met de kleuren zoals weergegeven in de kleurenschaal onder het diagram.

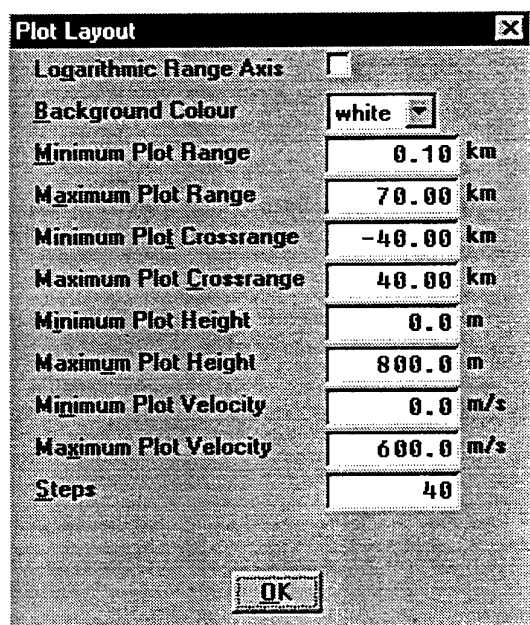
In het diagram is duidelijk het multipath interferentiepatroon te herkennen. De invloed van de evaporation duct uit zich door de verhoogde detectiekansen op lage hoogte, zichtbaar door de uitstulping in de eerste interferentielobe, rond de 7 meter.

### 5.4 Layout, veranderen van de figuuroopmaak

Door het selecteren van 'Layout' in het Plots dropdown menu wordt de dialoogwindow van Figuur 5.5 geactiveerd. Hiermee kan de opmaak van de drie typen figuren worden veranderd.

Dit heeft betrekking op de schaal, begin- en eindwaarden langs de horizontale en verticale assen, de achtergrondkleur van de grafiek en de resolutie van de te tekenen figuur. De default waarden zijn per type radar verschillend.





Figuur 5.5: De dialoogwindow voor de figuuroopmaak.

De te veranderen parameters zijn:

#### 5.4.1 Logarithmic Range Axis, keuze tussen lineaire en logaritmische assen

Indien deze selectiebox is geactiveerd, te zien door een 'V' in de box, zullen de horizontale assen van het vertical coverage diagram en het blind zone diagram logaritmisch in plaats van lineair worden weergegeven.

#### 5.4.2 Background Colour, keuze achtergrond kleur

Door middel van een meerkeuzebox kan worden gekozen tussen een witte of zwarte achtergrond.

#### 5.4.3 Minimum Plot Range, begin afstand schaal

Deze waarde bepaalt de start van de ground range van het blind zone en vertical coverage diagram of de down range van het horizontal coverage diagram.

Minimum waarde: -1000 km, maximum waarde: 1000 km.

#### 5.4.4 Maximum Plot Range, einde afstand schaal

Deze waarde bepaalt de eindwaarde van de ground range van het blind zone en vertical coverage diagram of de down range van het horizontal coverage diagram.

Minimum waarde: 0.01 km, maximum waarde: 1000 km.

#### 5.4.5 Minimum Plot Crossrange, begin dwarsafstand schaal

Deze waarde bepaalt de start van de cross range van het horizontal coverage diagram. In het horizontal coverage diagram wordt de detectiekans in alle richtingen

weegegeven. De schaal wordt daarvoor opgegeven in een afstand (down range) en een dwarsafstand (cross range) loodrecht daarop.

Minimum waarde: -1000 km, maximum waarde: 1000 km.

#### **5.4.6 Maximum Plot Crossrange, einde dwarsafstand schaal**

Deze waarde bepaalt de eindwaarde van de crossrange van het horizontal coverage diagram.

Minimum waarde: -1000 km, maximum waarde: 1000 km.

#### **5.4.7 Minimum Plot Height, begin hoogte schaal**

Deze waarde bepaalt de start van de hoogte (altitude) schaal van het vertical coverage diagram.

Minimum waarde: 0 m, maximum waarde: 20.000 m.

#### **5.4.8 Maximum Plot Height, einde hoogte schaal**

Deze waarde bepaalt de eindwaarde van de hoogte (altitude) schaal van het vertical coverage diagram.

Minimum waarde: 0 m, maximum waarde: 900.000 m.

#### **5.4.9 Minimum Plot Velocity, begin snelheid schaal**

Deze waarde bepaalt de start van de snelheid (radial velocity) schaal van het blind zone diagram.

Minimum waarde: -1500 m/s, maximum waarde 1500 m/s.

#### **5.4.10 Maximum Plot Velocity, einde snelheid schaal**

Deze waarde bepaalt de eindwaarde van de snelheid (radial velocity) schaal van het blind zone diagram.

Minimum waarde: -1500 m/s, maximum waarde: 1500 m/s.

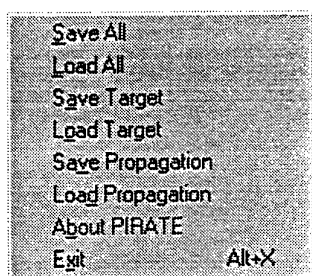
#### **5.4.11 Steps, aantal reken- en plotstappen.**

Deze waarde bepaalt de horizontale en verticale resolutie van de drie figuren.

Hierdoor wordt niet alleen de plotresolutie maar ook het aantal rekenstappen nodig voor het maken van de figuren bepaald. De gevolgen van het veranderen van het aantal stappen heeft een ongeveer kwadratisch effect op de tekensnelheid van een diagram.

## 6. Files, opslaan en ophalen van gegevens op disc

Om de gebruikersvriendelijkheid van PIRATE te vergroten kunnen via het 'Files' menu verschillende instellingen en ingevoerde parameters op floppy of harde schijf worden opgeslagen en weer worden ingelezen. Het vergelijken tussen verschillende situaties en het uitwisselen van informatie tussen verschillende systemen is hierdoor sneller te realiseren. De gebruiker kan met de files een eigen database van radarinstellingen, doelgegevens en propagatiecondities maken. Figuur 6.1 geeft de keuzes van het 'Files' menu weer.



Figuur 6.1: Het files dropdown menu.

Er kunnen drie verschillende groepen parameters worden opgeslagen, alle ingestelde parameters, alleen de parameters van een doel, of alleen de propagatie parameters. Via het dropdown menu kan ook informatie over de PIRATE versie worden opgevraagd of kan het programma worden beëindigd.

De menukeuzes uit het 'Files' dropdown menu worden hier behandeld:

### 6.1 Save All, bewaren van alle instellingen

Alle keuzes en instellingen die met PIRATE mogelijk zijn kunnen in één keer worden bewaard via de 'Save all' menu keuze. Dit zijn dus behalve de propagatie- en doelparameters ook de gekozen radar van het juiste schip met al zijn instellingen en de opmaak van de figuren.

Via een standaard filedialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 2.5 moet de filenaam worden opgegeven. De gegevens worden dan in deze file met de extensie ".par" in de opgegeven directory opgeslagen. Voor deze files is de subdirectory "userfs" aanwezig.

Een speciale file voor PIRATE is de "radar.par" file in de subdirectory "userfs". Deze file bevat alle instellingen van PIRATE die bij het opstarten van het programma worden gelezen en bepaalt daardoor de beginsituatie waarmee wordt gestart. Als deze file niet bestaat wordt een waarschuwing gegeven en worden de default waarden, zoals die in dit document zijn aangegeven, geladen.

Het maken van eigen opstart instellingen is dus mogelijk door via "Save all" de oude "radar.par" file te overschrijven.

## 6.2 Load All, laden van alle instellingen

Alle keuzes en instellingen die met PIRATE mogelijk zijn kunnen in één keer worden ingelezen via de 'Load all' menukeuze.

Via een standaard filedialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 2.5 moet de filenaam (met de extentie ".par") en de directory worden geselecteerd.

Deze files bevatten behalve de propagatie- en doelparameters ook de gekozen radar van het juiste schip met al zijn instellingen en de opmaak van de figuren. De doelparameters worden toegekend aan het doeltype "file" (zie 4.2.1) die ook actief wordt.

## 6.3 Save Target, bewaren van doelgegevens

Met deze menukeuze kunnen alle doelgegevens, toegekend aan het doeltype "file" (zie 4.2.1) in een file worden bewaard. Dit zijn dus de radardoorsnede, de snelheid, de hoogte en de swerling case van het doel.

Via een standaard filedialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 2.5 moet de filenaam worden opgegeven. Deze wordt dan met de extentie ".tar" in de opgegeven directory opgeslagen. Voor deze files is de subdirectory "userfs" aanwezig. Deze menuoptie kan worden gebruikt om een database van doelen te maken.

## 6.4 Load Target, laden van doelgegevens

Met deze menukeuze kunnen eerder opgeslagen doelgegevens worden geladen. Deze doelparameters worden toegekend aan het doeltype "file" (zie 4.2.1) die ook actief wordt.

Via een standaard filedialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 2.5 moet de filenaam (met de extentie ".tar") en de directory worden geselecteerd.

## 6.5 Save propagation, bewaren van meteorologische gegevens

Met deze menukeuze kunnen alle meteorologische gegevens, weergegeven in de dialoogwindow propagation in een file worden bewaard.

Via een standaard filedialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 2.5 moet de filenaam worden opgegeven. Deze wordt dan met de extentie ".prp" in de opgegeven directory opgeslagen. Voor deze files is de subdirectory "userfs" aanwezig. Deze menuoptie kan worden gebruikt om een database van meteorologische omstandigheden te maken.

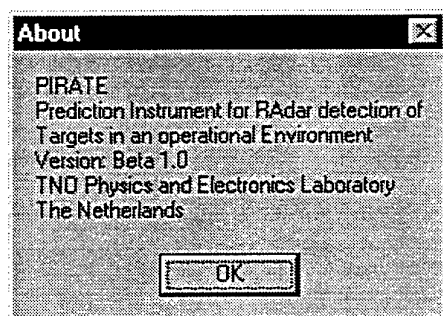
## 6.6 Load propagation, laden van meteorologische gegevens

Met deze menukeuze kunnen eerder opgeslagen meteorologische gegevens worden geladen.

Via een standaard filedialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 2.5 moet de filenaam (met de extentie ".prp") en de directory worden geselecteerd.

## 6.7 About PIRATE, geef programma specificatie

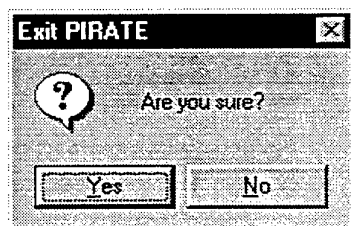
Deze menukeuze geeft een berichtwindow met een korte beschrijving van de versie van het PIRATE programma zoals weergegeven in Figuur 6.2. Door het bedienen van de OK button verdwijnt de berichtwindow.



Figuur 6.2: Berichtwindow met specificatie van het programma.

## 6.8 Exit, beëindig het programma

Deze menukeuze kan worden gebruikt om het programma te beëindigen. Er verschijnt eerst een dialoogwindow zoals weergegeven in Figuur 6.3. Hierin moet het beëindigen van het programma worden bevestigd of kan het nog ongedaan kan worden gemaakt.



Figuur 6.3: Window voor het beëindigen van PIRATE.

## 7. Modellen in PIRATE

PIRATE is gebaseerd op de radarvergelijking voor een gepulste radar waarbij propagatieaspecten uitgebreid zijn meegenomen. Het model bevat veel standaard methoden voor de gewone radarberekeningen en een aantal specifiek geselecteerde modellen voor het bepalen van de clutter en de atmosferische afbuiging en invloed hiervan op de propagatie van de elektromagnetische energie. Dit wordt uiteindelijk vertaald in detectiekansen van een bepaald doel door de radar.

### 7.1 Radar modellering

PIRATE is bedoeld voor pulsraders. Dit houdt in dat zaken als pulscompressie maar ook de mogelijkheid van frequentievariatie, meerdere PRF's en veranderende pulslengte en aantal pulsen voor verschillende pulsbursts kunnen worden meegenomen.

Moeilijk met een formule te beschrijven antennepatronen zoals die met specifieke cosec<sup>2</sup> patronen worden door middel van een antennefile ingelezen.

Alle benodigde signaalprocessing berekeningen zoals bijvoorbeeld 'three pulse canceller MTT' en ook verschillende doppler filters zijn in PIRATE opgenomen.

### 7.2 Zeeclutter modellering

PIRATE berekent de gemiddeld zeeclutterreflectie met een cluttermodel ontwikkeld door het Georgia Institute of Technology (GIT) [4]. Dit cluttermodel is geschikt voor frequenties tussen 1 en 100 GHz, en geeft clutterreflectiewaarden onder standaard propagatiecondities bij gemiddelde radarpulslengten.

### 7.3 Propagatie modellering

Propagatiecondities kunnen grote invloed hebben op de detectie van doelen, in het bijzonder bij doelen die zich laag boven het zeeoppervlak bevinden. Deze invloeden hebben een veranderlijk karakter en er zal operationeel de nodige aandacht moeten worden besteed aan het bepalen van de meteorologische parameters voor de modellen.

PIRATE heeft de mogelijkheid om evaporation duct en surface-based duct te modelleren. Voor een beter begrip zullen deze propagatieeffecten worden toegevoegd alvorens de in PIRATE gebruikte modellen en de noodzakelijke meteorologische waarnemingen worden beschreven.

Onder bepaalde meteorologische condities zal elektromagnetische energie zich dicht bij het aardoppervlak binnen luchtlagen over langere afstand kunnen voort-

planten met veel lagere verliezen dan onder normale omstandigheden. Deze luchtlagen die ducts worden genoemd, worden veroorzaakt door grote variatie in de refractie index met de hoogte. Er bestaan verschillende typen duct.

De evaporation duct is een bijna permanent aanwezige lage (<40 m) oppervlakte-duct, veroorzaakt door de snelle afname van luchtvochtigheid met de hoogte vlak boven het zeeoppervlak. De lucht aan het zeeoppervlak is verzadigd met waterdamp. Deze luchtvochtigheid neemt af met de hoogte totdat de omgevingswaarde is bereikt. De afname van luchtvochtigheid met hoogte boven het zeeoppervlak veroorzaakt een afname in de brekingsindex en resulteert weer in een duct waarbinnen scherend invallende EM-golven richting aarde worden afgebogen. Zo een evaporation duct (EVD) kan worden omschreven met een ducthoogte die de hoogte met de maximale afwijking van het brekingsindexprofiel ten opzicht van een standaardsituatie weergeeft. Deze ducthoogte kan redelijk nauwkeurig worden bepaald uit metingen van de oppervlaktewatertemperatuur, de windsnelheid en de temperatuur en relatieve vochtigheid gemeten op een hoogte van ongeveer zes meter boven het zeeoppervlak.

Het berekenen van de ducthoogte uit deze meteorologische waarnemingen wordt in PIRATE gedaan met het Paulus model [3].

Een ander type duct dat in PIRATE modelberekeningen wordt meegenomen is de surface-based duct (SBD). Dit type duct treedt op grote hoogte op (tussen de 50 en 1000 meter) wanneer luchtlagen met een verschillende samenstelling worden gevormd. Dit komt bijna alleen in kustomgevingen voor als droge lucht vanaf land door de wind zich over de vochtige lucht boven het zeewater gaat verplaatsen. Hierbij wordt een sterke verandering in het brekingsindexprofiel veroorzaakt die wordt aangeduid met de surface-based ducthoogte. Deze ducthoogte kan worden bepaald door het meten van het temperatuur en vochtigheid of brekingsindexprofiel over het gehele hoogtebereik. Dit kan gebeuren met meteoballonnen, raketsondes of door metingen met helikopters of vliegtuigen.

PIRATE gebruikt het EREPS propagatiemodel [5] ontwikkeld door het NCCOSC in San Diego, USA. Dit model maakt gebruik van een golfpijp methode voor het oplossen van de complexe propagatie. Het nadeel van dit model is dat het alleen met enkele-mode propagatie rekent, wat beperkte nauwkeurigheid voor hoge frequenties en grote ducthoogten tot gevolg heeft, maar als voordeel de relatief grote rekensnelheid heeft.

## 8. Beperkingen van PIRATE

Het PARADE model, de basis van PIRATE heeft beperkingen voor het modelleren van een aantal real-time signaalverwerkingsmethoden die in de bestaande radars worden gebruikt. Daarom zijn in PIRATE een aantal maatregelen genomen om de invloed hiervan op de detectiekans te minimaliseren. Een uitbreiding van PIRATE om deze beter bij de praktijk te laten aansluiten was in deze versie niet te realiseren. Het model heeft daardoor de volgende beperkingen:

Door frequentie- en PRF-agility van de STIR radars zullen in de zoekmode de blind ranges en blind speeds minimaal zijn. Dit is zeker het geval voor de STIR radars van de M- en L- fregatten die met twee pulsen van verschillende frequenties werken. Tijdens het volgen van een doel zal de STIR radar in de praktijk de frequentie en PRF zodanig kiezen dat detectie van een doel (waarvan afstand en snelheid op dat moment bekend zijn) nooit kan worden beïnvloed door een blind range of speed. Deze zaken zijn niet in PIRATE meegenomen zodat de gebruiker daar zelf rekening mee moet houden.

De AGC (automatic gain control) en STC (sensitivity time control) van de gebruikte radars zijn niet op de zelfde manier in PIRATE opgenomen als deze in de praktijk werken. Zeker de AGC waarvan de instelling bij een aantal radars afhankelijk is van het ontvangen ruisnivo is zeer moeilijk op een nauwkeurige manier te modelleren.

De propagatie en cluttermodellen gebruikt in PIRATE hebben hun beperkingen voor de hogere radarfrequenties. Het cluttermodel is bovendien niet geschikt voor het gebruik van zeer korte radarpulsen.

Het propagatiemodel houdt geen rekening met de invloed van ducting op de propagatie in het interferentiegebied zoals verschuiving van de interferentiepatroon.



## 9. Conclusies en aanbevelingen

De text in dit document is een handleiding voor het gebruik van de Bèta versie van het PIRATE model. Dit model is gebruikt voor een evaluatie onder operationele omstandigheden. Naar aanleiding van deze evaluatie zal het PIRATE model in meerdere stappen, uitgewerkt in projectvoorstellen, worden verbeterd.

De eerste verbeterde versie zal "PIRATE Versie 1.0" worden en zal de Bèta versies vervangen. Voor deze versie zal een nieuwe handleiding worden uitgebracht. De handleiding in dit rapport dient daarom alleen te worden gebruikt voor de Bèta Versie !

## 10. Referenties

- [1] Vogel, M.H.  
'Decision tool aan boord van KM schepen'  
FEL-94-A323, TNO-FEL, The Hague, The Netherlands, 1994.
- [2] Boekema, R.B.  
'Radar Decision Tool programmabeschrijving'  
FEL-96-A100, TNO-FEL, The Hague, The Netherlands, 1996.
- [3] Paulus, R.A.  
'Specification for environmental measurements to assess radar sensors.'  
TD-1685, NOSD, San Diego, California, USA, 1989.
- [4] Reilly, J.P.; Dockery, G.D.  
'Influence of Evaporation Ducts on Radar Sea Return.'  
IEE Proceedings, Vol. 137, Pt. F. No.2, April 1990.
- [5] EREPS Software and User's Manual.  
Artech House, Boston, 1990.  
ISBN 0-89006-455-5.  
EREPS has been developed by the Naval Command, Control and Ocean  
Surveillance Center, Ocean and Atmospheric Sciences Division,  
San Diego, California, U.S.A.

## 11. Ondertekening

A stylized handwritten signature consisting of a large loop and several diagonal strokes.

Ir. C.S. van Aartsen  
Groepsleider

A handwritten signature that appears to read 'R Boekema' followed by a long horizontal flourish.

Ing. R.B. Boekema  
Auteur

---

ONGERUBRICEERD

## REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

<b>1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL)</b> TD97-0361	<b>2. RECIPIENT'S ACCESSION NO</b>	<b>3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO</b> FEL-97-A285
<b>4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO</b> 6026371	<b>5. CONTRACT NO</b> A96KM789	<b>6. REPORT DATE</b> January 1998
<b>7. NUMBER OF PAGES</b> 43 (excl RDP & distribution list)	<b>8. NUMBER OF REFERENCES</b> 5	<b>9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED</b>
<b>10. TITLE AND SUBTITLE</b> Handleiding PIRATE model, versie Bèta 1.0 (User manual PIRATE model, release Beta 1.0)		
<b>11. AUTHOR(S)</b> R.B. Boekema		
<b>12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)</b> TNO Physics and Electronics Laboratory, PO Box 96864, 2509 JG The Hague, The Netherlands Oude Waalsdorperweg 63, The Hague, The Netherlands		
<b>13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)</b> DMKM/WCS Van der Burchlaan 31, 2597 PC The Hague, The Netherlands		
<b>14. SUPPLEMENTARY NOTES</b> The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.		
<b>15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))</b> <p>This report contains the user's manual of the Beta release of the PIRATE model. This is a computer program to calculate the radar performance of the radars aboard the ships of the Royal Netherlands Navy under the specified circumstances. PIRATE is developed at the TNO Physics and Electronics Laboratory and is primarily meant as a decision support tool to assist the air defence officers during air defence operations. The computer program has an easy to use user interface and runs on a standard personal computer. The user can choose the radar of a selected ship class and specify the radar settings. After entering of meteorological data and specification of a target, the model can calculate the detection performance of the radar. This can be presented in a horizontal coverage, vertical coverage or blind zone diagram.</p> <p>All features of the PIRATE program and the complete operations manual are described in this document.</p>		
<b>16. DESCRIPTORS</b> Air defence Radars Performance Wave propagation Modelling Computerized simulation		<b>IDENTIFIERS</b> Propagation modelling Decision tool
<b>17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)</b> Ongerubriceerd	<b>17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)</b> Ongerubriceerd	<b>17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)</b> Ongerubriceerd
<b>18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT</b> Unlimited Distribution		<b>17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)</b> Ongerubriceerd

## Distributielijst

1. DWOO
2. HWO-KM
3. HWO-KL\*
4. HWO-KLu\*
5. HWO-CO\*
- 6 t/m 26. DMKM/WCS, Ing. B.M. van der Holst
27. DM&P TNO-DO
28. Directie TNO-PML\*
29. Directie TNO-TM\*
- 30 t/m 32. Bibliotheek KMA
33. Directie TNO-FEL, t.a.v. Dr. J.W. Maas
34. Directie TNO-FEL, t.a.v. Ir. J.A. Vogel, daarna reserve
35. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan MPC\*
36. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Drs. M.P.F.M. van Dongen
37. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. C. Eberwijn
38. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. H.R. van Es
39. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. C.S. van Aartsen
40. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. A.G. Huizing
41. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ing. R.B. Boekema
42. Documentatie TNO-FEL
43. Reserve

Indien binnen de krijgsmacht extra exemplaren van dit rapport worden gewenst door personen of instanties die niet op de verzendlijst voorkomen, dan dienen deze aangevraagd te worden bij het betreffende Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek of, indien het een K-opdracht betreft, bij de Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling.

\* Beperkt rapport (titelblad, managementuittreksel, RDP en distributielijst).